

**FESTIVAL INTERNATIONAL
DE BALLONS**
Château-d'Oex



Pioneers of Cosmic Rays

Hans Peter Beck, Universities of Bern and Fribourg, Switzerland; and CERN
25 January 2020

Early 1900's



1896 — Discovery of radioactivity



Antoine Henri Becquerel

* 15. Dezember 1852 in Paris
† 25. August 1908 in Le Croisic

Nobel Prize 1903

„in recognition of the extraordinary services he has rendered by his discovery of spontaneous radioactivity“

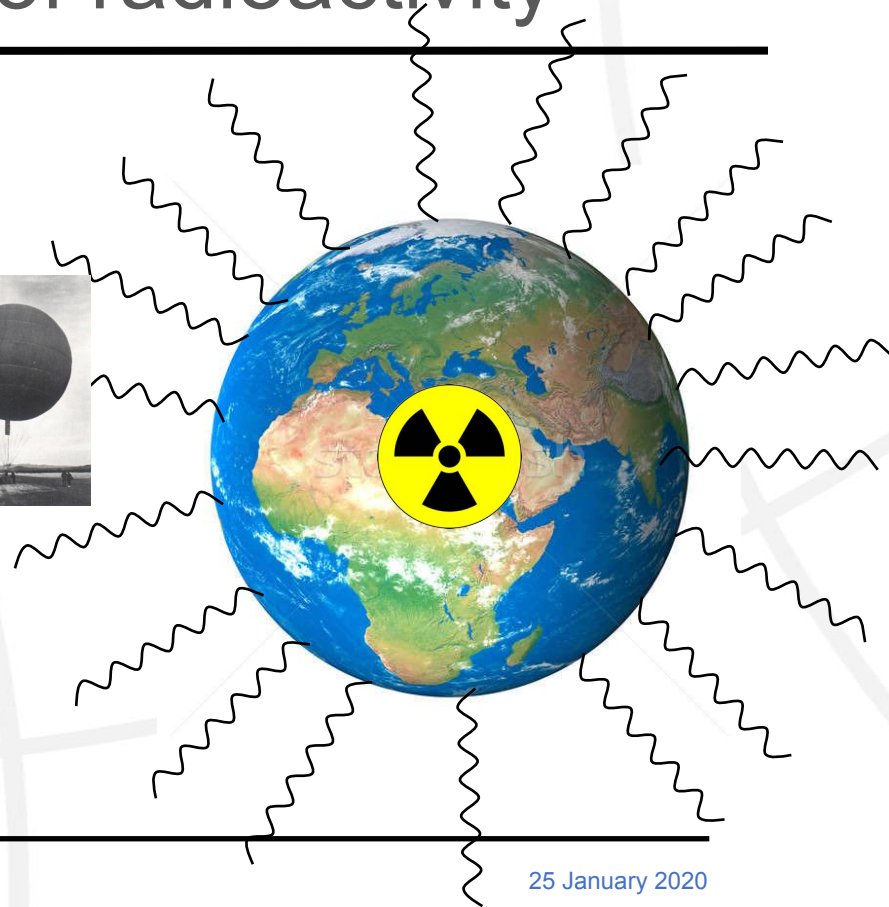
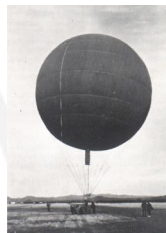


Early 1900's — Study of radioactivity

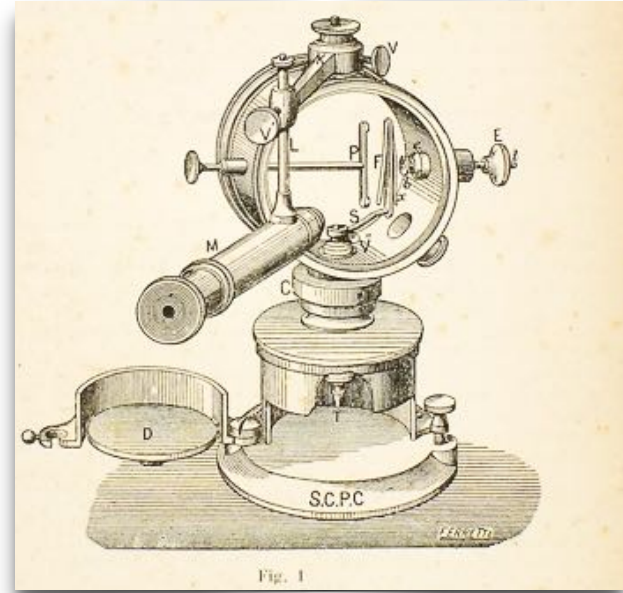
Radioactivity was discovered by **Becquerel** in **1896**, and studied further by **Marie Curie** and many others.

Earth is recognised as a **radioactive ball**.

Radioactivity measured in the atmosphere should get less when going further away from Earth.



Measuring radioactivity in the early 1900's



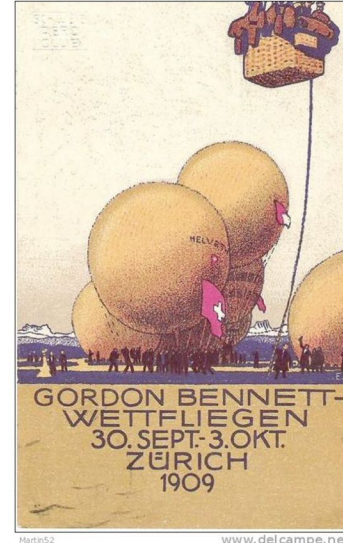
With an electrometer, measuring discharge between two charged wires, radioactivity was measured in that time. Painstakingly !

Pioneers of the detection of cosmic rays



Balloon flights in 1909

Karl Bergwitz (1875-1958), Germany
Decrease of radioactivity at 1300 m to 24%



Albert Gockel (1860-1927), Professor in Fribourg
No decrease, maybe increase of radioactivity at 4500m.
Introduced the term 'cosmic radiation'



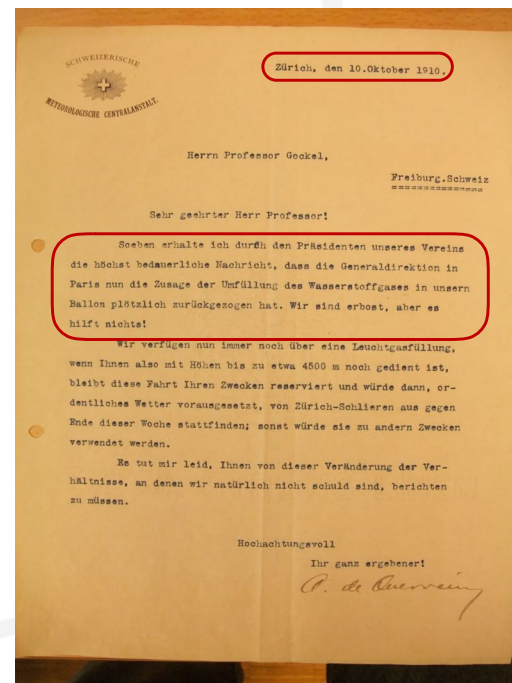
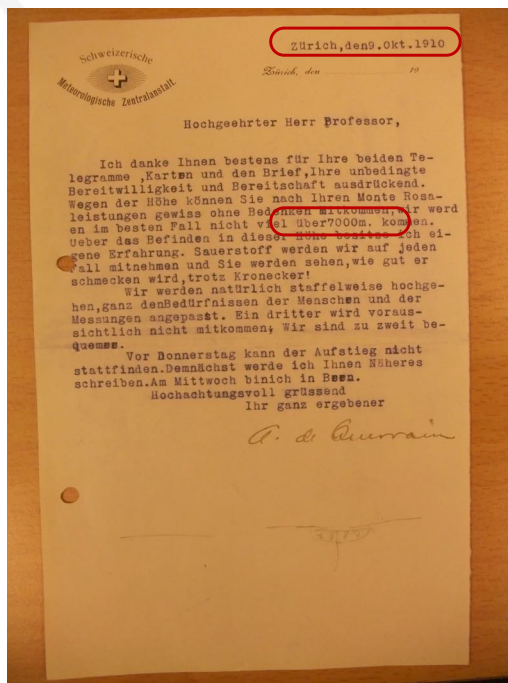
No hydrogen for Gockel to go higher

At that time,
gas balloons were used.

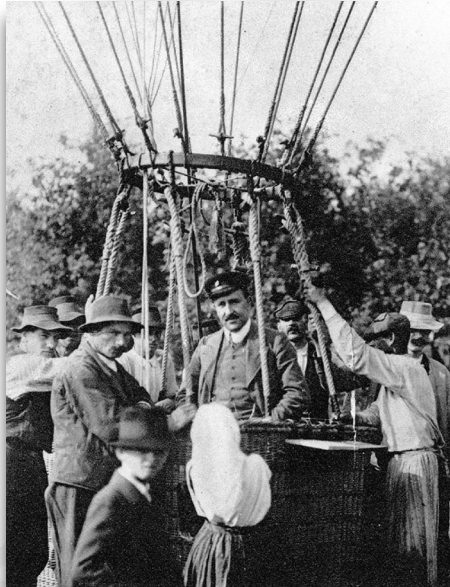
With methane, maximum
altitude is limited.

With hydrogen, high
altitudes were possible.

Gockel was first promised,
then refused the hydrogen.



Pioneers of the detection of cosmic rays



Victor Hess (1883-1964)

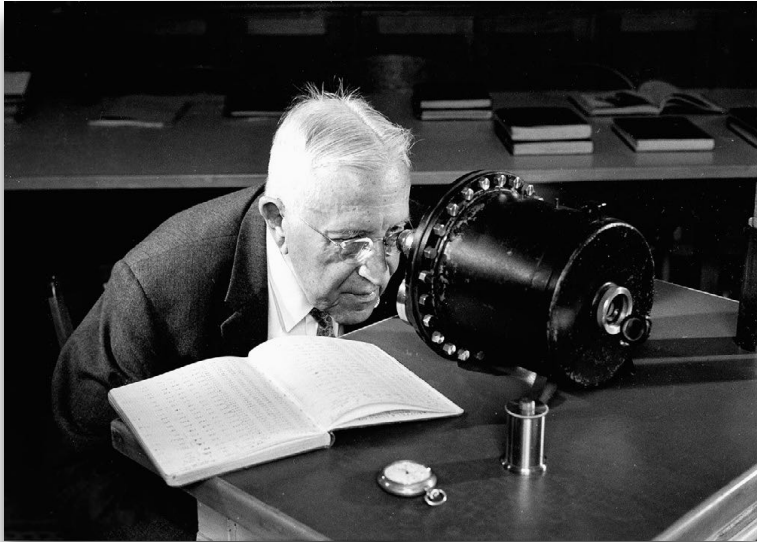
Professor in Graz reached 5300 m in 1912



Werner Kolhörster (1887-1945)

Professor in Berlin reached 9300 m in 1914

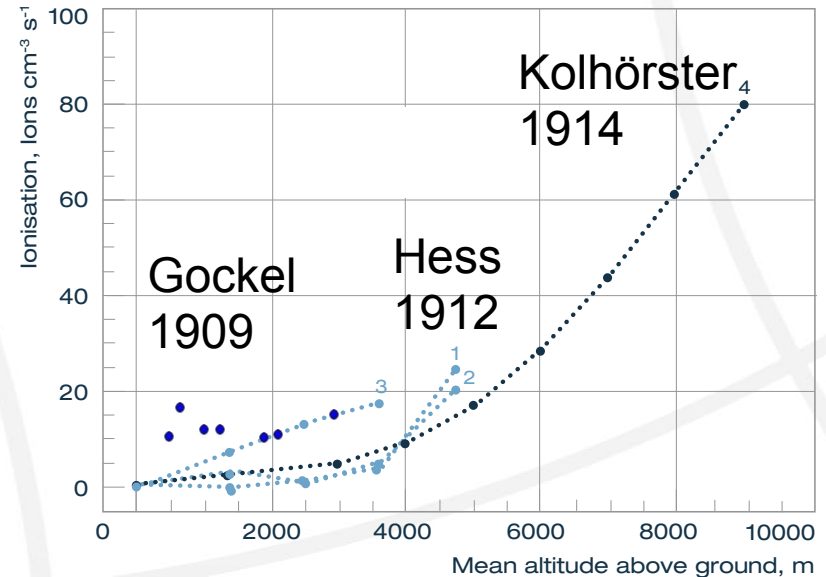
Detection of cosmic rays



Victor Hess with his device
Nobel prize in 1936.

Albert Gockel died already in 1927 and could not be awarded.

Ionisation of air increases with altitude.



Commemorative balloon flight 25 January 2020

Ballon flight today with modern equipment



CAEN  Electronic Instrumentation

2. General Description

The Cosmic Hunter - SP5620CH, as shown in Fig. 2.1, is composed of two Detection Units - SP5622 and one Coincidence Module - SP5621.



Fig. 2.1: Cosmic Hunter, the educational system to detect the cosmic rays.

Commemorative balloon flight 25 January 2020



Commemorative balloon flight 25 January 2020

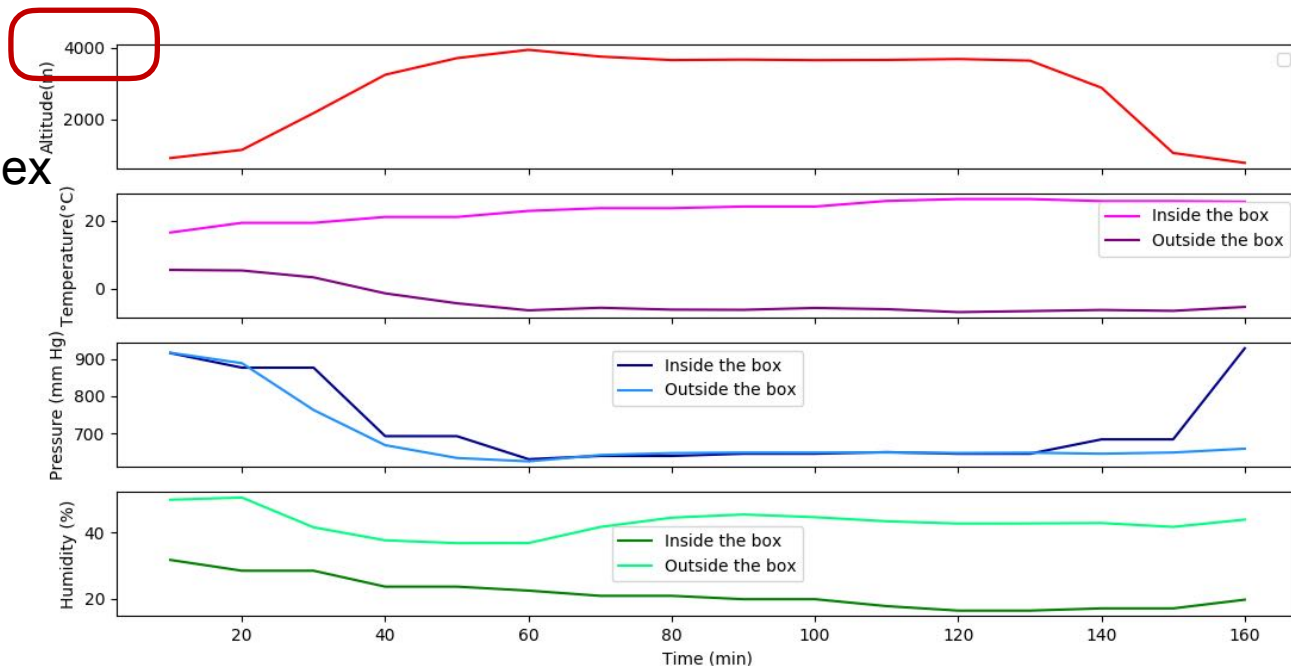


Commemorative balloon flight 25 January 2020



Commemorative balloon flight 25 January 2020

Flight Environment Parameters



Chateau-d'Oex

11h40

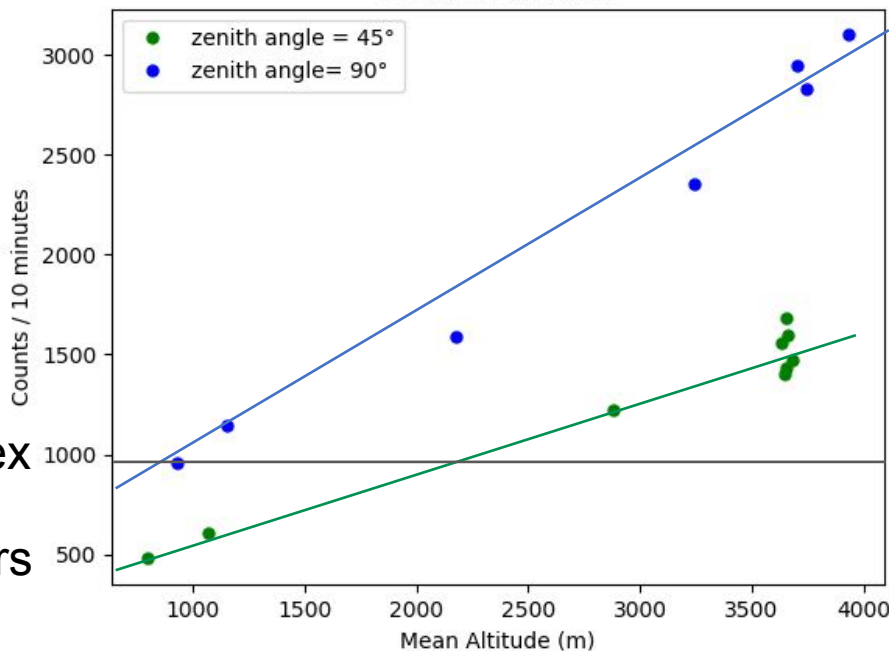
Giffers

14h15

Commemorative balloon flight 25 January 2020

UNI
FR
UNIVERSITÉ DE Fribourg
UNIVERSITÄT FREIBURG

Counts vs Altitude



cosmic rays from the top

3 times higher rate at 4000m
than at 1000m

cosmic rays at 45°

1.5 times higher rate at 4000m
than at 1000m

Château-d'Oex

Giffers

Taking a Geiger Counter on board of an airplane

20 times higher background radiation
in standard cruising altitude than
at ground level.

ca 6 $\mu\text{S}/\text{h}$

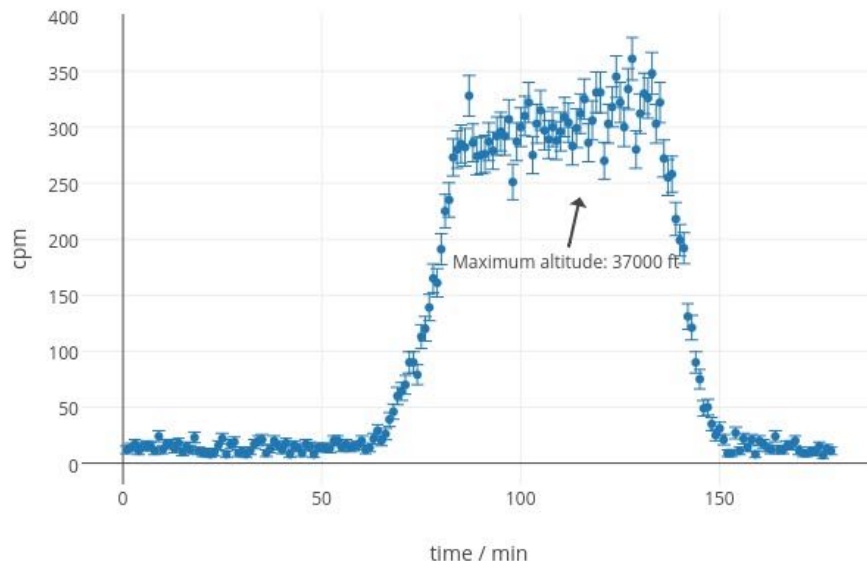
Fukushima radiation map

<https://jciv.iidj.net/map>

Comparable to the hot zones.

E.g. Ōkuma is evacuated and has
ca 4.5 $\mu\text{S}/\text{h}$

MAD --> LHR Geiger counter data 01-08-2015

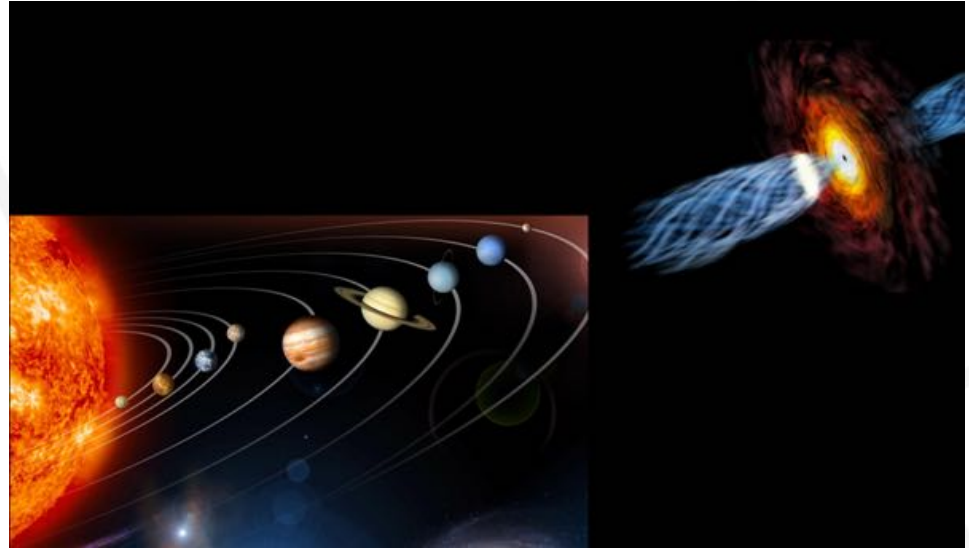


Where do cosmic rays come from?

Earth is constantly hit by particles.

Most come from the **sun**.
They have moderately **low energies**.

Active galactic nuclei, neutron stars, supernovae, deep in the **Milky Way** and in **far away galaxies**, create particles at **extremely high energies**.

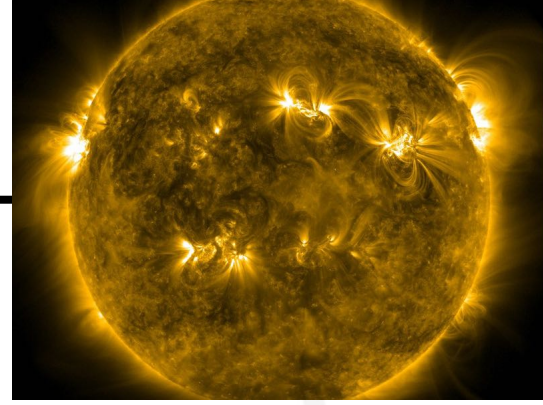


Aurora Borealis

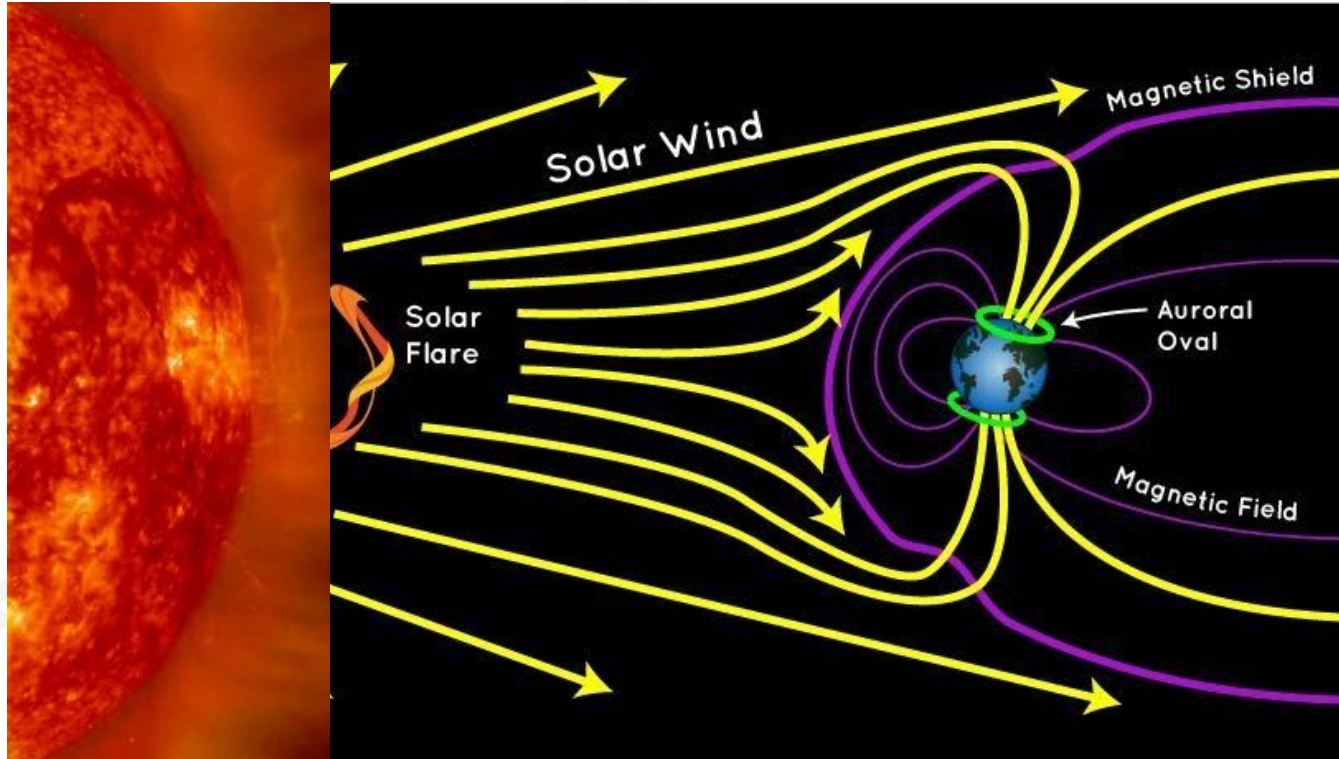
The sun's **solar wind** is composed of particles protons, electrons, helium nuclei,...

As the energy of these is moderately low, the **Earth's magnetic field deflects** them — except in the polar regions.

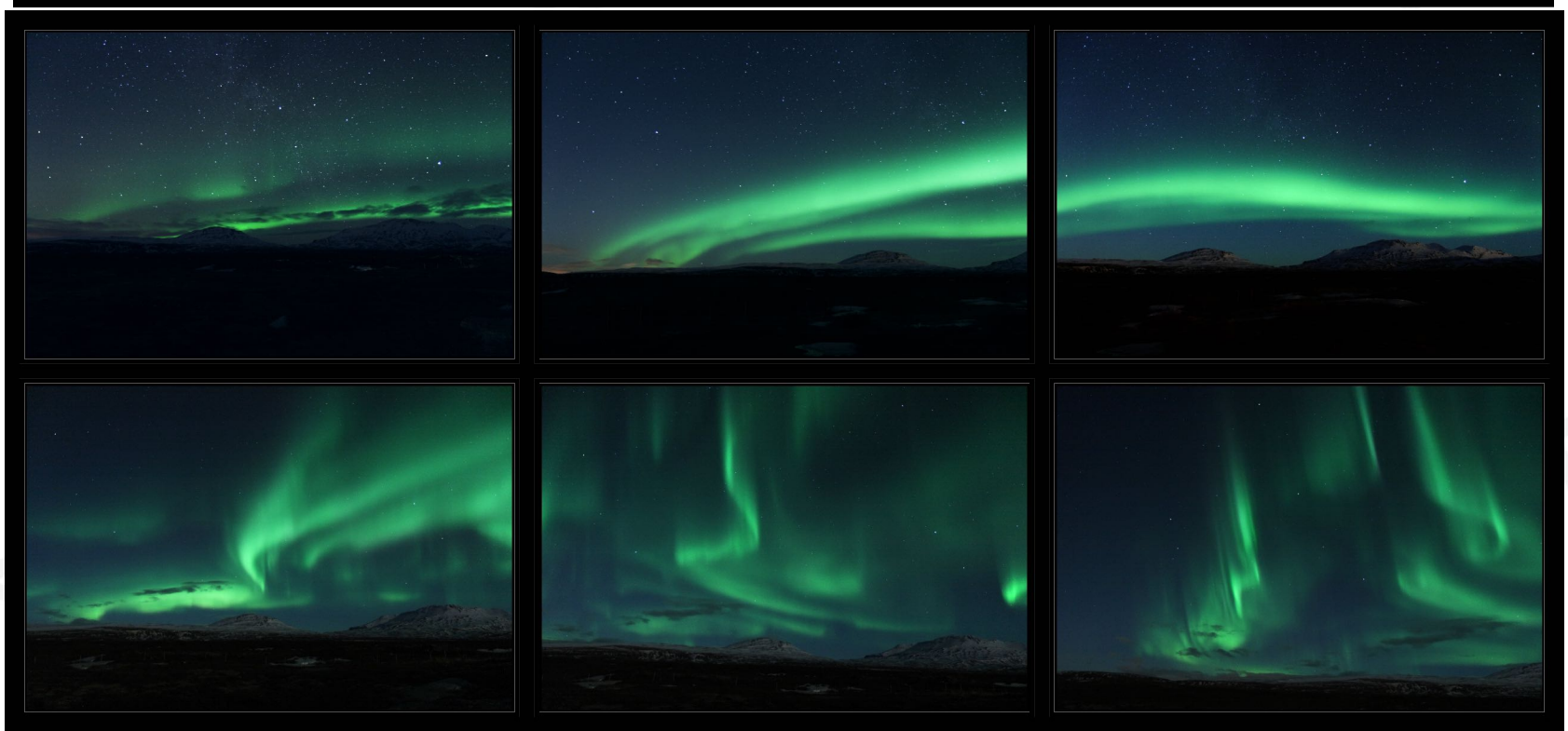
When the sun is ejecting a **solar flare**, it becomes visible with the naked eye in the polar regions.



Earth's magnetic field deflects the solar wind



Aurora Borealis (North Pole) and Australis (South Pole)



High energetic particles hit Earth everywhere

Active galactic nuclei, neutron stars, supernovae, deep in the Milky Way and **in far away galaxies**, create particles at extremely high energies.

Some of these are also hitting the Earth.



Why study Cosmic Rays ?

The **Universe** is emitting **light** - which we see with the **naked eye** and through **telescopes**.

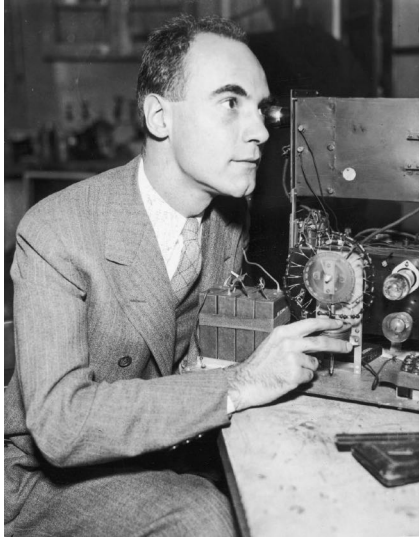
Fascinating humankind since ever.

The **Universe** is also emitting **particles**, giving a **broadier view** and **new insights**.



Fascinating even more. Particle physics is also cosmology.

Studying Cosmic Rays — the early days



Carl David Anderson
Discovered **anti-matter** in **1932**
(the positron, which is the anti-electron)
Nobel Prize 1936

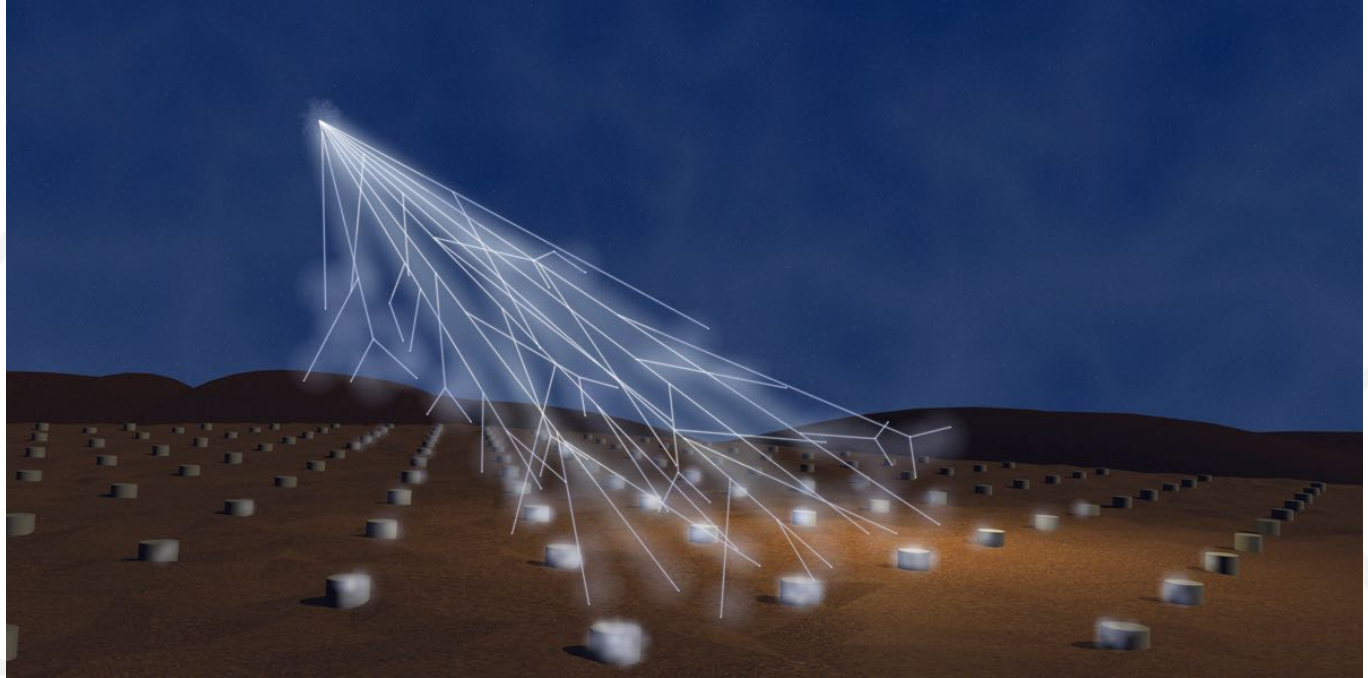


High altitude research station
at the Jungfrauoch 3500m
Since the mid 1920's.

Studying Cosmic Rays — still today

On ground

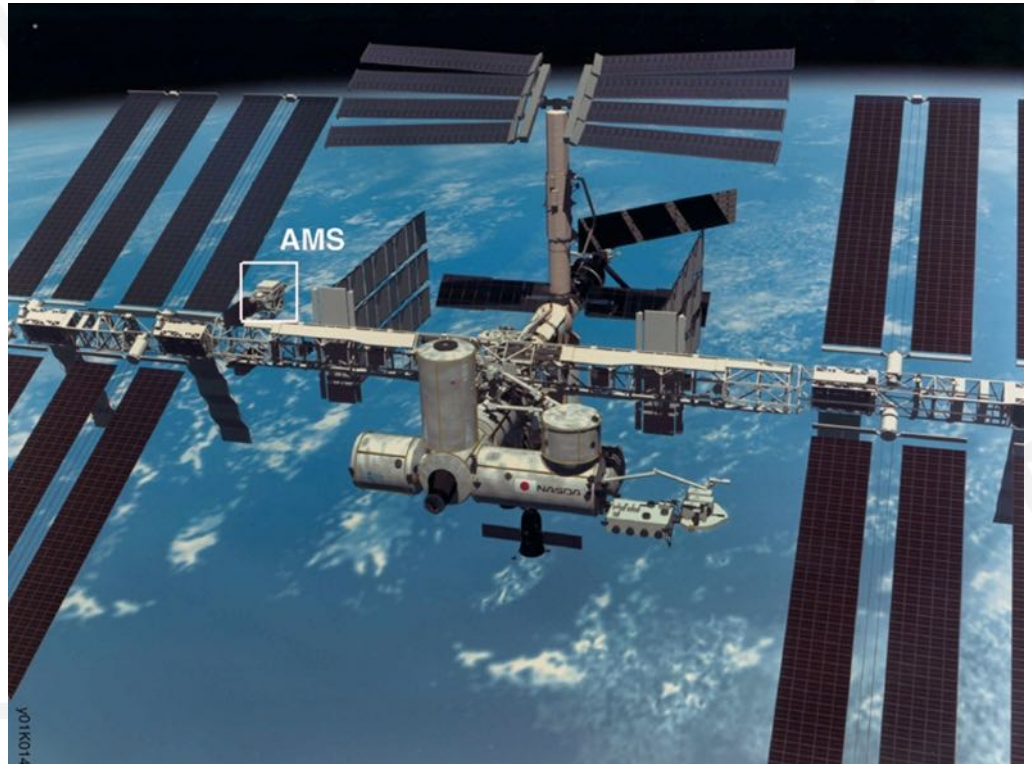
3000 km² array
in Malargüe,
Mendoza prov.,
Argentina



Studying Cosmic Rays — still today

In space

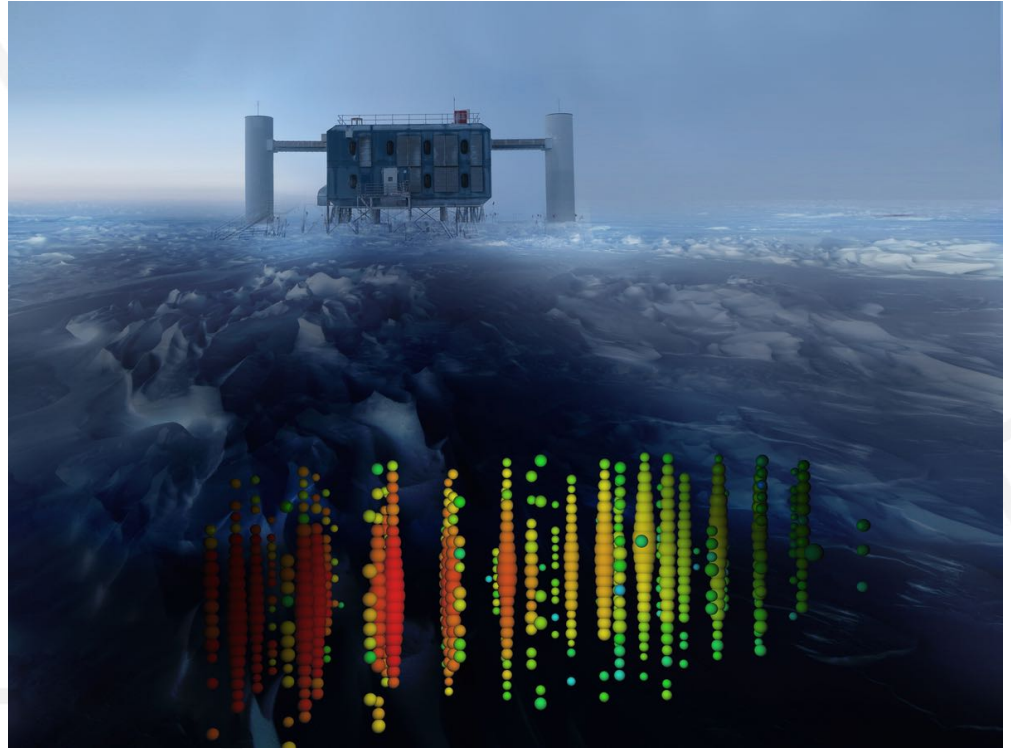
On the
international
space station



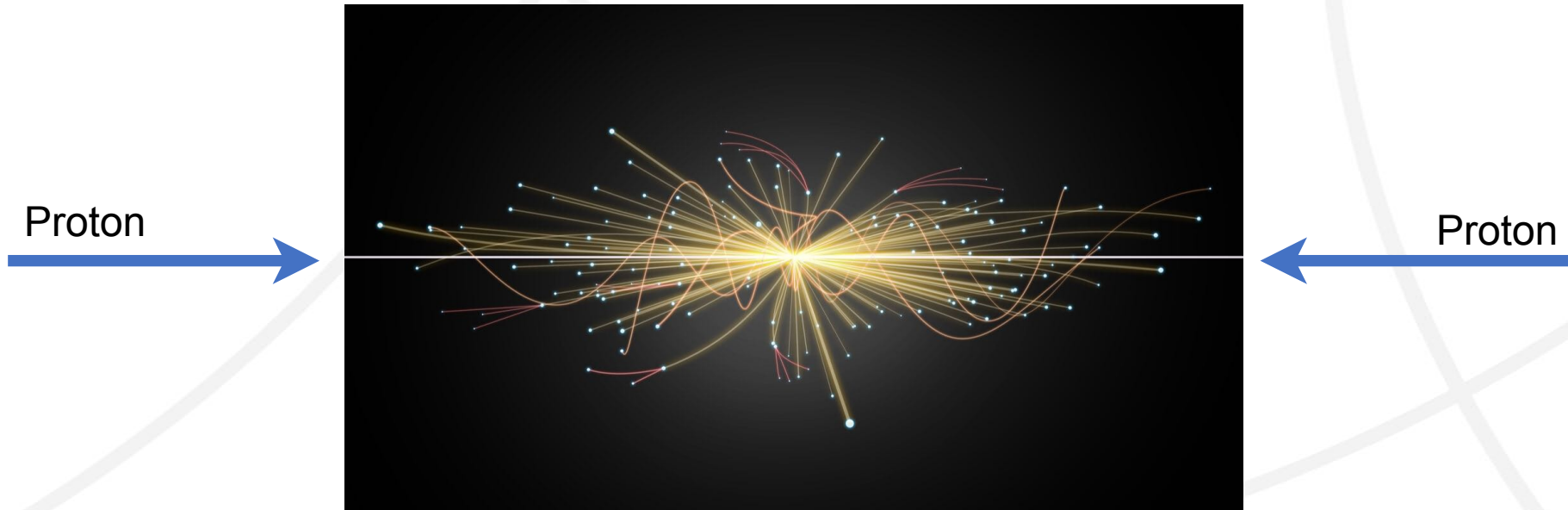
Studying Cosmic Rays — still today

Below ground

In the ice at the
South Pole



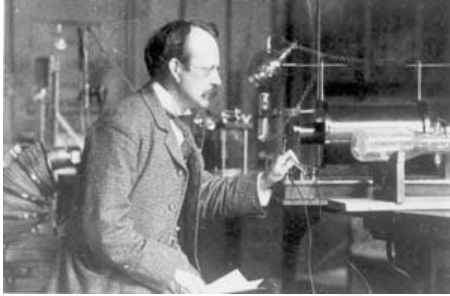
Understanding particle collisions



At **CERN**, particles are brought to collisions

- as cosmic rays collide with the atmosphere
- gives insight in the inner forces of matter

120 years of accelerating particles



1897 Accelerating electrons

Cathode ray tube

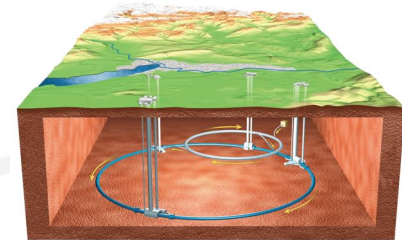
J.J. Thomson



1931 First circular accelerator Ernest O. Lawrence & M. Stanley Livingston



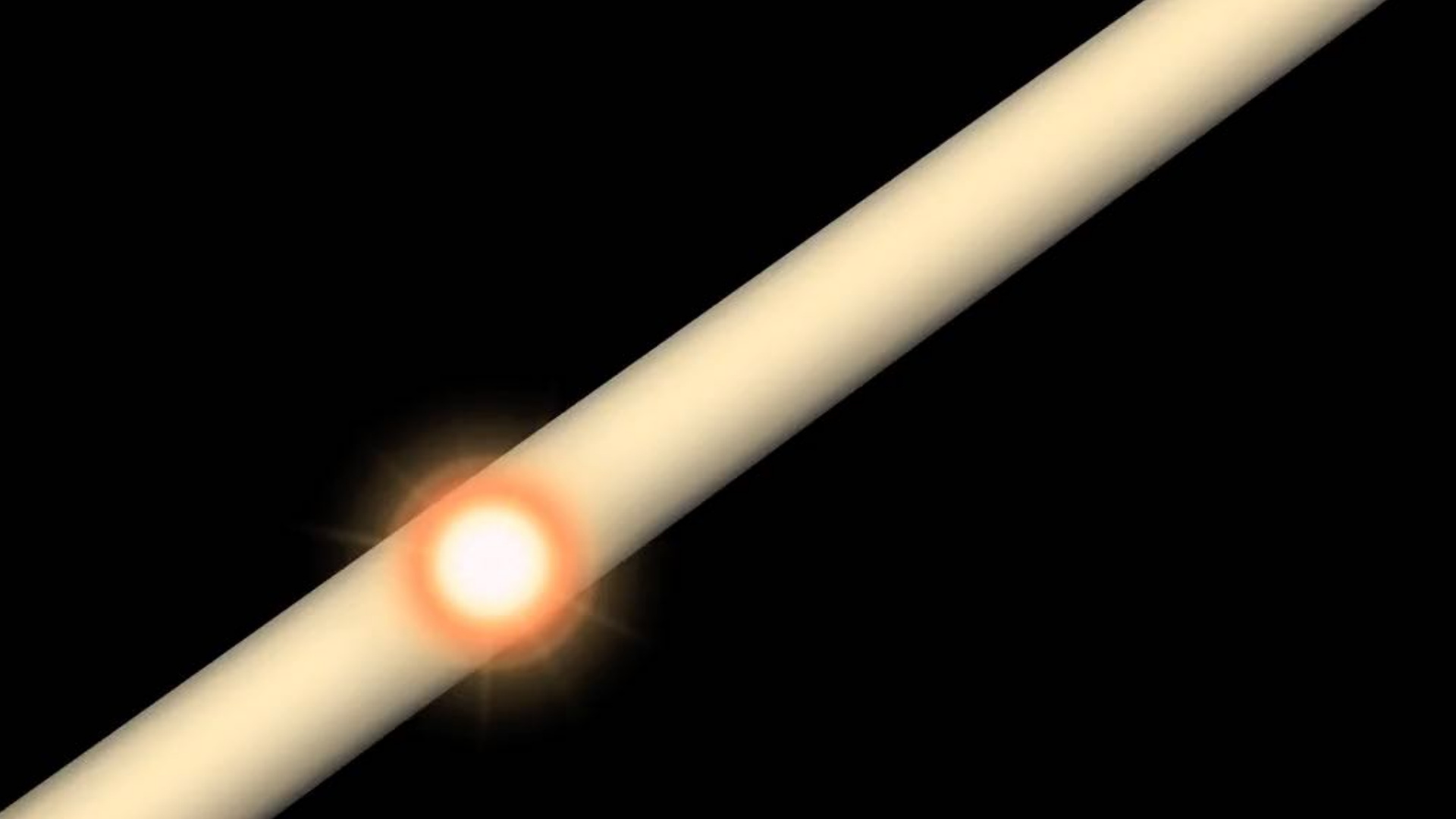
1940



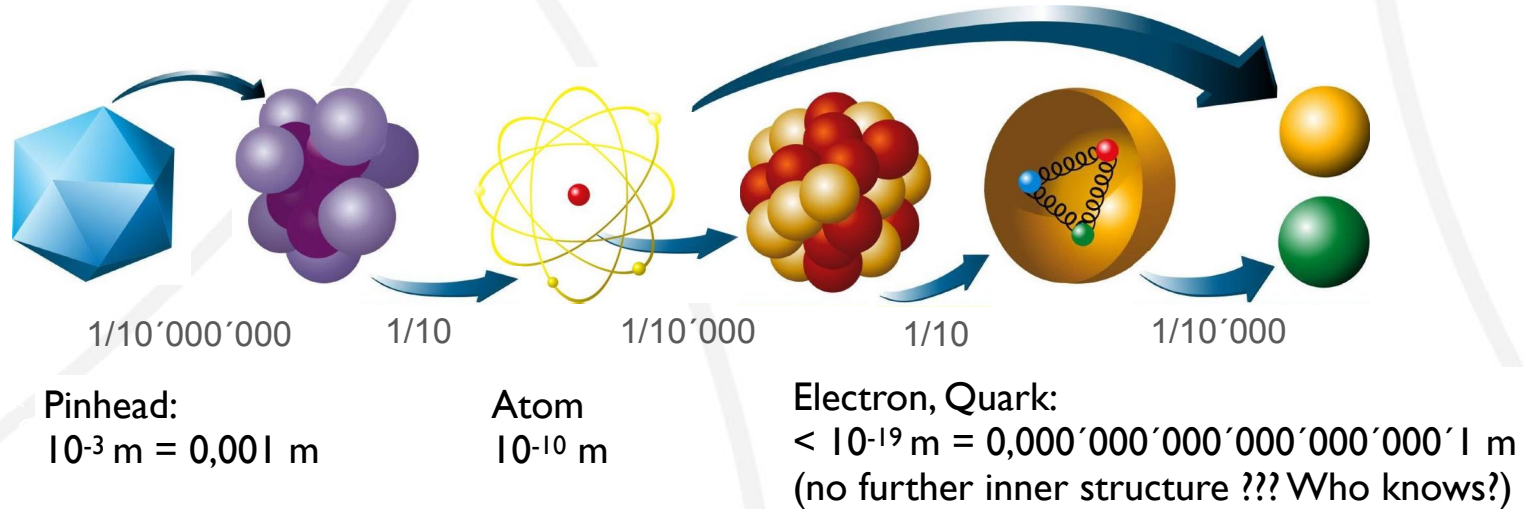
**Today:
LHC**

CERN — Large Hadron Collider



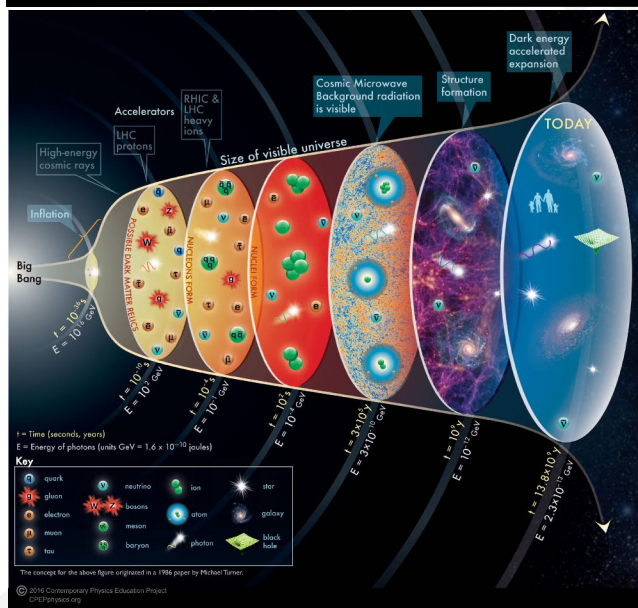


The structure of matter revealed



If an atom's radius would be as large as the distance from CERN to Copenhagen, the LHC could still resolve millimetre scale objects.

The evolution of the Universe



$$\begin{aligned}\mathcal{L} = & -\frac{1}{4}\mathcal{F}_{\mu\nu}\mathcal{F}^{\mu\nu} \\ & + i\bar{\psi}\mathcal{D}\psi \\ & + \psi_i y_{ij} \psi_j \phi + h.c. \\ & + \left|\mathcal{D}_\mu \phi\right|^2 - \mathcal{V}(\phi)\end{aligned}$$

The Standard Model of Particle Physics

Balloons played an important role in the beginning
on the way to deeply understand the **Universe**, and with it, **who we are**,
where we are **coming from**, and where we are **going to**.

Medical Application as an Example of Particle Physics Spin-off

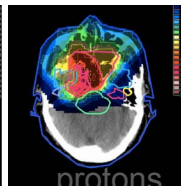
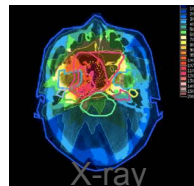
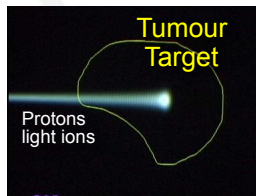
Combining Physics, ICT, Biology and Medicine to fight cancer



Accelerating particle beams
~30'000 accelerators worldwide
~17'000 used for medicine



Hadron Therapy



Leadership in
Ion Beam
Therapy now
in Europe and
Japan

>100'000 patients treated worldwide (45 facilities)
>50'000 patients treated in Europe (14 facilities)



Detecting particles

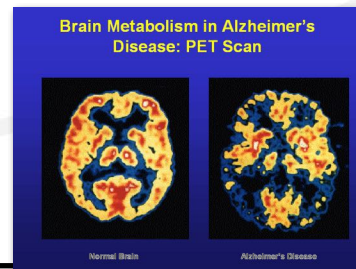
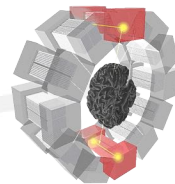


Imaging

Clinical trial in Portugal, France
and Italy for new breast imaging
system (ClearPEM)



PET Scanner



Balloon museum



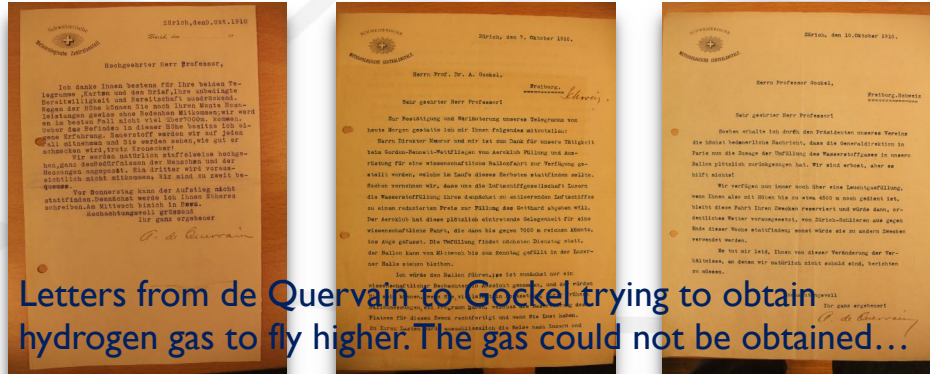
espace
BALLON



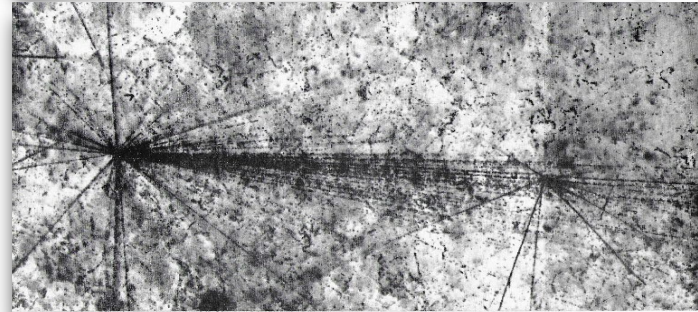
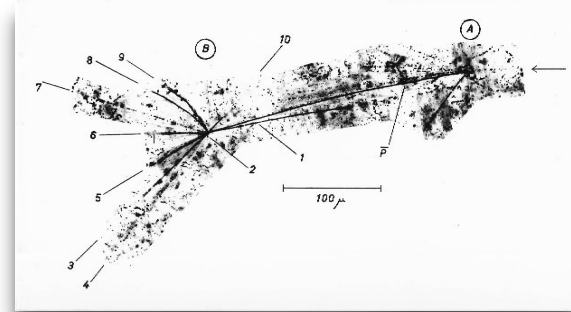
Original items to show



Electrometer used by Gockel around 1910



Letters from de Quervain to Gockel trying to obtain hydrogen gas to fly higher. The gas could not be obtained...



Emulsion plates from mid 1950's taken at Jungfraujoch

“Art&Science”

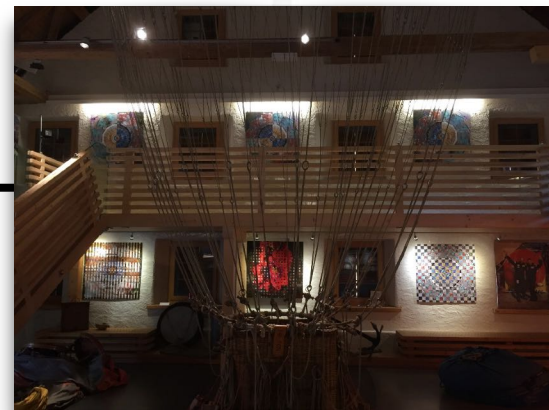
Through the opening of the exhibition:

Guided tours

Lectures

Junior Scientist booklet

<https://www.espace-ballon.ch/copie-de-exposition-temporaire>



Explaining Cosmic Rays

What are Cosmic Rays Was ist Kosmische Strahlung Que sont les Rayons Cosmiques




Aurora Borealis at the island

German Text: Kosmische Strahlung sind Protonen, Elektronen, ganz allgemein, ionisierte Teilchen aus Planeten und freier Materie, die ständig und aus allen Richtungen der Natur durchdringt und auf die Natur des Kosmos einwirkt. Diese Teilchen kommen aus der Sonne, der Milchstraße und von fernen Galaxien. Protonen sind die häufigsten und werden durch das Magnetfeld der Erde abgelenkt. Protonen sind die häufigsten und werden durch das Magnetfeld der Erde abgelenkt. Protonen sind die häufigsten und werden durch das Magnetfeld der Erde abgelenkt.

English Text: Cosmic rays consist of protons, electrons, and other ionized particles that constantly and from all directions bombard the Earth's atmosphere. These particles come from the Sun, the Milky Way, and distant galaxies. About 1000 particles strike the Earth every second. Most particles have much lower energies and are deflected by the Earth's magnetic field. Some particles, however, reach the Earth's atmosphere at the magnetic poles, which leads to the appearance of the Aurora Borealis. High-energy particles from cosmic rays collide with atomic nuclei of the atmosphere in the Earth's atmosphere. These collisions produce showers of new particles, which travel at the speed of light. In the higher atmosphere, some reach the Earth's surface. At high altitudes, more of these particles can be measured and studied. Measuring techniques have been applied in balloons, airplanes and high mountain research stations such as the Negev Desert.

French Text: Les rayons cosmiques sont des protons, des électrons, des neutrons atomiques, ainsi que d'autres particules comme les photons et les neutrinos. Ils frappent constamment et de toutes les directions l'atmosphère de la Terre et de toutes les galaxies. Les particules proviennent du Soleil, de la Voie lactée et des galaxies lointaines. Environ 1000 particules frappent la Terre par minute sans s'arrêter. Les particules qui proviennent du Soleil sont les plus nombreuses. Elles sont déviées par le champ magnétique terrestre. Certaines particules, cependant, atteignent l'atmosphère aux pôles magnétiques, ce qui conduit à l'apparition de l'aurora boréale. Les particules à haute énergie des rayons cosmiques frappent les noyaux atomiques de l'atmosphère. Ces collisions produisent des cascades de nouvelles particules, qui voyagent à la vitesse de la lumière. Dans la haute atmosphère, certaines de ces particules peuvent être mesurées et étudiées. Des techniques de mesure ont été appliquées dans des ballons, des avions et des stations de recherche de haute montagne comme à l'observatoire de Negev.

Discoveries with Cosmic Rays Entdeckungen mit Kosmischer Strahlung Découvertes avec des Rayons Cosmiques




German Text: Im Teilchenbau der Teilchenphysik haben kosmische Strahlung ein neues Element eines elementaren Bausteins entdeckt, der eine große Vielfalt von Elementarteilchen und deren Eigenschaften enthält. Diese Teilchen und Eigenschaften bewegen sich mit der Lichtgeschwindigkeit auf der Erde. In der Natur kommt eine solche Teilchenstrahlung aus der Sonne, der Milchstraße und von fernen Galaxien. Protonen sind die häufigsten und werden durch das Magnetfeld der Erde abgelenkt. Protonen sind die häufigsten und werden durch das Magnetfeld der Erde abgelenkt. Protonen sind die häufigsten und werden durch das Magnetfeld der Erde abgelenkt.

English Text: In particle physics, cosmic rays have provided a new element of elementary particles. These particles contain a wide variety of elementary particles and their properties. These particles move at the speed of light on Earth. In nature, such a particle radiation comes from the Sun, the Milky Way, and distant galaxies. About 1000 particles strike the Earth every second. Most particles have much lower energies and are deflected by the Earth's magnetic field. Some particles, however, reach the Earth's atmosphere at the magnetic poles, which leads to the appearance of the Aurora Borealis. High-energy particles from cosmic rays collide with atomic nuclei of the atmosphere in the Earth's atmosphere. These collisions produce showers of new particles, which travel at the speed of light. In the higher atmosphere, some reach the Earth's surface. At high altitudes, more of these particles can be measured and studied. Measuring techniques have been applied in balloons, airplanes and high mountain research stations such as the Negev Desert.

French Text: La physique des particules a découvert un nouvel élément de la physique des particules avec les rayons cosmiques. Ces particules contiennent une grande variété de particules élémentaires et de leurs propriétés. Ces particules se déplacent à la vitesse de la lumière sur la Terre. Dans la nature, une telle radiation de particules provient du Soleil, de la Voie lactée et des galaxies lointaines. Environ 1000 particules frappent la Terre par minute sans s'arrêter. Les particules qui proviennent du Soleil sont les plus nombreuses. Elles sont déviées par le champ magnétique terrestre. Certaines particules, cependant, atteignent l'atmosphère aux pôles magnétiques, ce qui conduit à l'apparition de l'aurora boréale. Les particules à haute énergie des rayons cosmiques frappent les noyaux atomiques de l'atmosphère. Ces collisions produisent des cascades de nouvelles particules, qui voyagent à la vitesse de la lumière. Dans la haute atmosphère, certaines de ces particules peuvent être mesurées et étudiées. Des techniques de mesure ont été appliquées dans des ballons, des avions et des stations de recherche de haute montagne comme à l'observatoire de Negev.

Particle Detection Teilchendetektoren DéTECTEURS de Particules

Historic Technologies

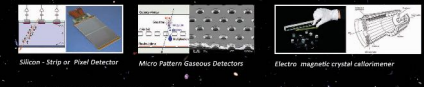


German Text: Die Teilchendetektoren dienen der Messung der Teilchen in Materie. Sie bestehen aus einem Detektor, der die Teilchen nachweist, und einem Verstärker, der das Signal verstärkt. Die Detektoren sind in verschiedene Typen unterteilt: Photonen, Elektronen, Protonen, Neutronen, Alpha- und Beta-Strahlung. Die Detektoren sind in verschiedene Typen unterteilt: Photonen, Elektronen, Protonen, Neutronen, Alpha- und Beta-Strahlung.

English Text: Particle detectors are used to measure the particles in matter. They consist of a detector that detects the particles and an amplifier that amplifies the signal. The detectors are divided into different types: photons, electrons, protons, neutrons, alpha and beta radiation. The detectors are divided into different types: photons, electrons, protons, neutrons, alpha and beta radiation.

French Text: Les détecteurs de particules servent à mesurer les particules dans la matière. Ils sont composés d'un détecteur qui détecte les particules et d'un amplificateur qui amplifie le signal. Les détecteurs sont divisés en différents types : photons, électrons, protons, neutrons, alpha et bêta. Les détecteurs sont divisés en différents types : photons, électrons, protons, neutrons, alpha et bêta.

Modern Technologies



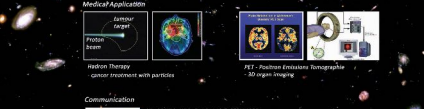
German Text: Die modernen Teilchendetektoren sind in verschiedene Typen unterteilt: Siliziumstreifen- oder Pixel-Detektoren, Mikrostrukturierte Gasdetektoren, Elektromagnetische Kristallkalorimeter. Die Detektoren sind in verschiedene Typen unterteilt: Siliziumstreifen- oder Pixel-Detektoren, Mikrostrukturierte Gasdetektoren, Elektromagnetische Kristallkalorimeter.

English Text: Modern particle detectors are divided into different types: silicon strip or pixel detectors, micro-patterned gaseous detectors, electromagnetic crystal calorimeters. The detectors are divided into different types: silicon strip or pixel detectors, micro-patterned gaseous detectors, electromagnetic crystal calorimeters.

French Text: Les détecteurs de particules modernes sont divisés en différents types : détecteurs à bande de silicium ou à pixels, détecteurs gazeux à micro-structure, calorimètres à cristaux électromagnétiques. Les détecteurs sont divisés en différents types : détecteurs à bande de silicium ou à pixels, détecteurs gazeux à micro-structure, calorimètres à cristaux électromagnétiques.

Particle Physics Spin-off

Medical Applications




German Text: Die Teilchenphysik hat viele Anwendungen in der Medizin gefunden. So werden Teilchenstrahlen zur Krebsbehandlung eingesetzt. Die Teilchenphysik hat viele Anwendungen in der Medizin gefunden. So werden Teilchenstrahlen zur Krebsbehandlung eingesetzt.

English Text: Particle physics has many applications in medicine. For example, particle beams are used for cancer treatment. Particle physics has many applications in medicine. For example, particle beams are used for cancer treatment.

French Text: La physique des particules a de nombreuses applications en médecine. Par exemple, les rayons cosmiques sont utilisés pour le traitement du cancer. La physique des particules a de nombreuses applications en médecine. Par exemple, les rayons cosmiques sont utilisés pour le traitement du cancer.

Communications



German Text: Die Teilchenphysik hat auch zur Entwicklung der Kommunikationstechnik beigetragen. So wurde das World Wide Web entwickelt. Die Teilchenphysik hat auch zur Entwicklung der Kommunikationstechnik beigetragen. So wurde das World Wide Web entwickelt.

English Text: Particle physics has also contributed to the development of communication technology. For example, the World Wide Web was developed. Particle physics has also contributed to the development of communication technology. For example, the World Wide Web was developed.

French Text: La physique des particules a également contribué au développement de la technologie de communication. Par exemple, le World Wide Web a été développé. La physique des particules a également contribué au développement de la technologie de communication. Par exemple, le World Wide Web a été développé.

Explaining Particles

Particle Accelerator
Teilchenbeschleuniger
Accélérateur de Particules

1930 Teilchenbeschleuniger (Zerkowen)
 1. Levenstein & Schilling

1937 Teilchenbeschleuniger (Lind)
 1937 Teilchenbeschleuniger (Lind)

1950 Teilchenbeschleuniger (GSI)
 1950 Teilchenbeschleuniger (GSI)

1954 Teilchenbeschleuniger (Villigen A5)
 1954 Teilchenbeschleuniger (Villigen A5)

Teilchenbeschleuniger sind in der Lage, Teilchen (Elektronen, Protonen, Neutronen, Antiprotonen, etc.) auf sehr hohe Energien zu beschleunigen. Diese Teilchen werden dann in Kollisionen gebracht, um die Struktur der Materie zu untersuchen. Die Teilchen werden durch elektrische Felder beschleunigt. Nach der Kollision werden die Teilchen in Detektoren gefangen, die die Eigenschaften der Teilchen messen. Die Teilchen werden dann in Detektoren gefangen, die die Eigenschaften der Teilchen messen. Die Teilchen werden dann in Detektoren gefangen, die die Eigenschaften der Teilchen messen.

Particle accelerators are used to accelerate particles (electrons, protons, neutrons, antiprotons, etc.) to very high energies, resulting in high-energy collisions. These collisions are used to study the structure of matter. The particles are accelerated by electric fields. After the collision, the particles are captured in detectors that measure the properties of the particles. The particles are then captured in detectors that measure the properties of the particles.

Les accélérateurs de particules sont capables d'accélérer des particules chargées (électrons, protons, neutrons, antiprotons, etc.) à des énergies très élevées. Ces collisions sont utilisées pour étudier la structure de la matière. Les particules sont accélérées par des champs électriques. Après la collision, les particules sont capturées dans des détecteurs qui mesurent les propriétés des particules. Les particules sont ensuite capturées dans des détecteurs qui mesurent les propriétés des particules.

LHC - Large Hadron Collider

LHC @ CERN
 1000 m (3281 ft)
 27 km (16.78 miles)

Inside LHC tunnel:

© 2007 CERN

[illegible]

Particules & Interactions

Teilchen & Wechselwirkungen

des Particules & des Interactions

DE Les constituants les plus élémentaires sont les quarks et les leptons. Ils sont liés par les interactions fondamentales et sont responsables de la structure de la matière. Les quarks sont les constituants des protons et des neutrons, tandis que les leptons sont les constituants des électrons et des neutrinos. Les interactions fondamentales sont la gravité, l'électromagnétisme, l'interaction faible et l'interaction forte.

FR Les particules élémentaires sont les briques de la matière. Elles sont classées en quarks et leptons. Les quarks sont les constituants des protons et des neutrons, tandis que les leptons sont les constituants des électrons et des neutrinos. Les interactions fondamentales sont la gravité, l'électromagnétisme, l'interaction faible et l'interaction forte.

EN The elementary particles are the building blocks of matter. They are classified into quarks and leptons. Quarks are the constituents of protons and neutrons, while leptons are the constituents of electrons and neutrinos. The fundamental interactions are gravity, electromagnetism, the weak interaction, and the strong interaction.

DE Die Elementarteilchen sind die kleinsten Bausteine der Materie. Sie sind in Quarks und Leptonen unterteilt. Quarks bilden Protonen und Neutronen, während Leptonen Elektronen und Neutrinos bilden. Die vier fundamentalen Wechselwirkungen sind die Gravitation, die Elektromagnetik, die Schwache und die Starke Wechselwirkung.

FR Les particules élémentaires sont les briques de la matière. Elles sont classées en quarks et leptons. Les quarks sont les constituants des protons et des neutrons, tandis que les leptons sont les constituants des électrons et des neutrinos. Les interactions fondamentales sont la gravité, l'électromagnétisme, l'interaction faible et l'interaction forte.

EN The elementary particles are the building blocks of matter. They are classified into quarks and leptons. Quarks are the constituents of protons and neutrons, while leptons are the constituents of electrons and neutrinos. The fundamental interactions are gravity, electromagnetism, the weak interaction, and the strong interaction.

Big Bang & evolution of the Universe:

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + i\bar{\psi}\gamma^\mu D_\mu\psi + \bar{\psi}_L\gamma^\mu\psi_L + h.c. + \bar{\psi}_R\gamma^\mu\psi_R + h.c. + \bar{\psi}_L\phi^2 - V(\phi)$$

© 2019 CERN. All rights reserved.

Thank you for listening

“Art&Science” - Château d'Oex/ CH

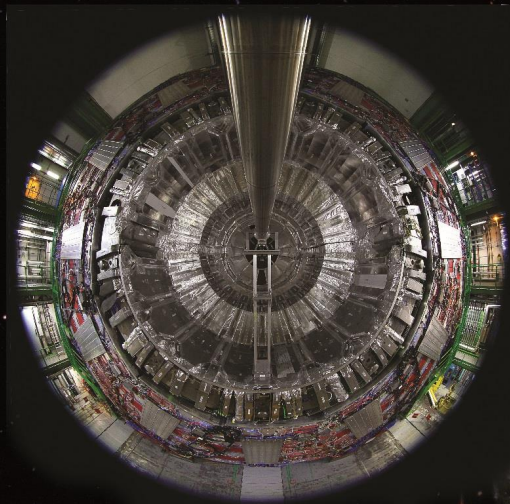
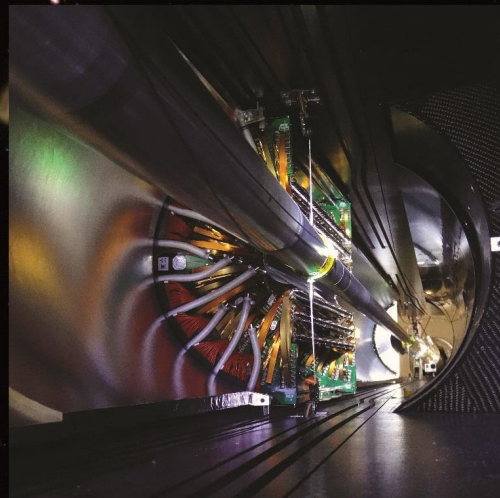
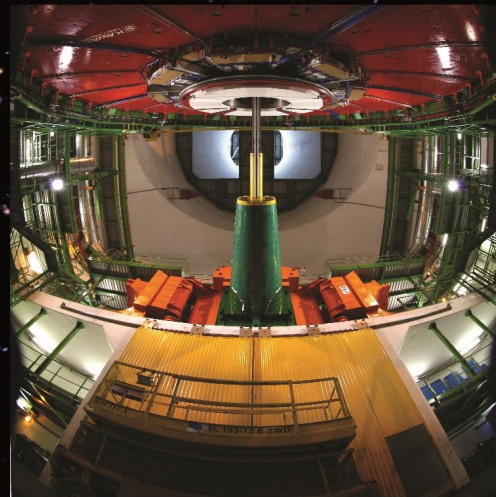
Balloon Museum April 2019 – March 2022

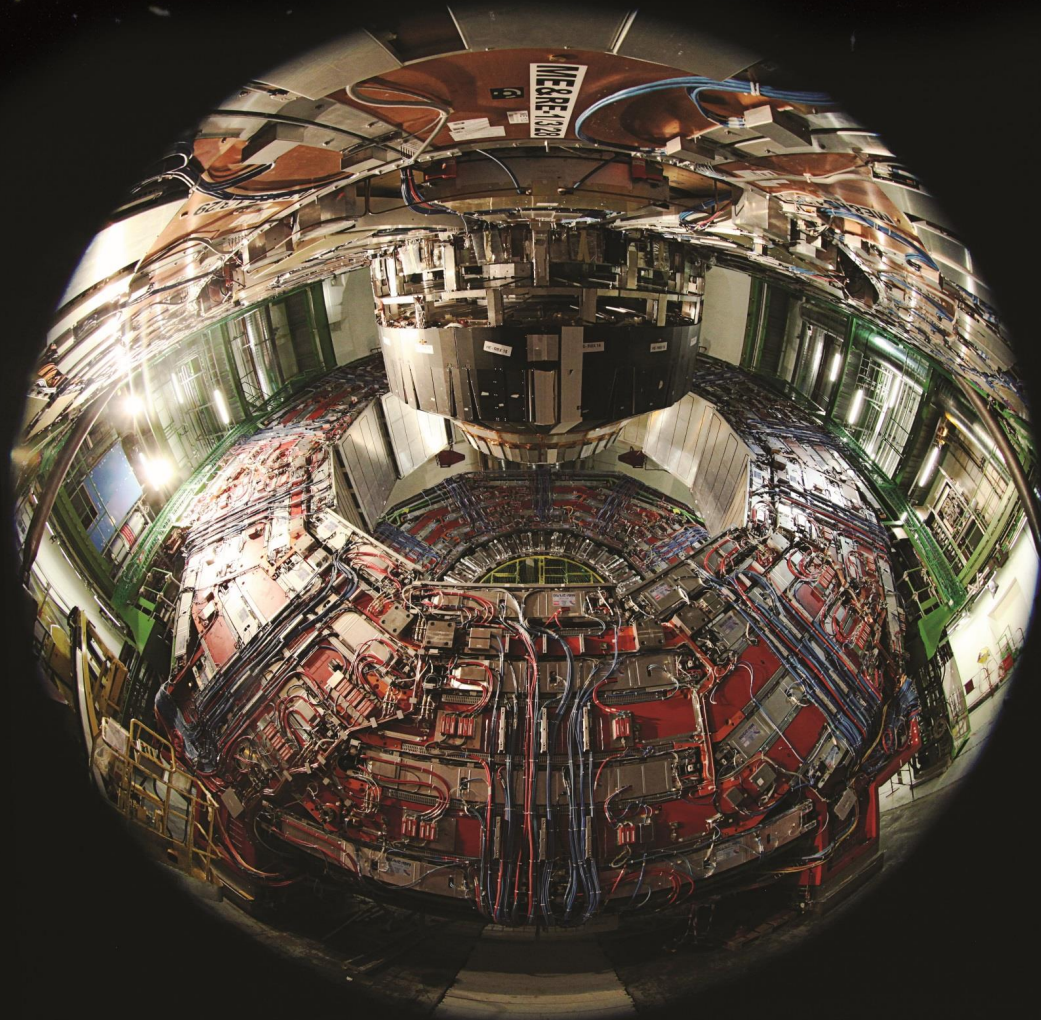
Balloon Festival January 25th February 2nd 2020

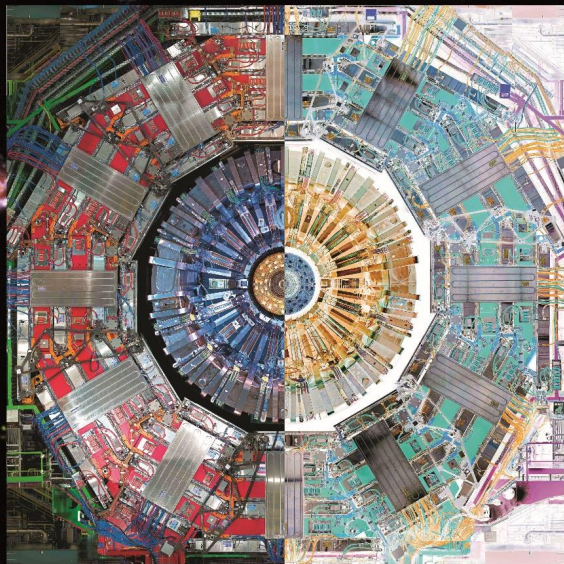




photos of the CMS experiments by Michael Hoch



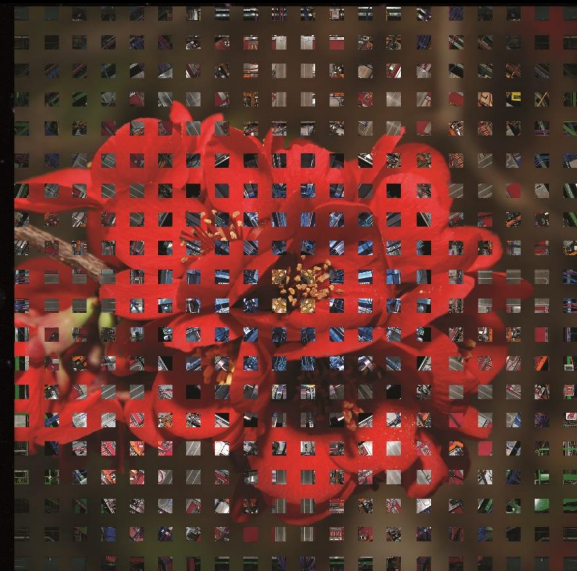




"Matter-Ant-Matter Symmetry 2", 2012



"CMS-METALIC", 2016



"CMS - RED", Natural Science Series 2012

